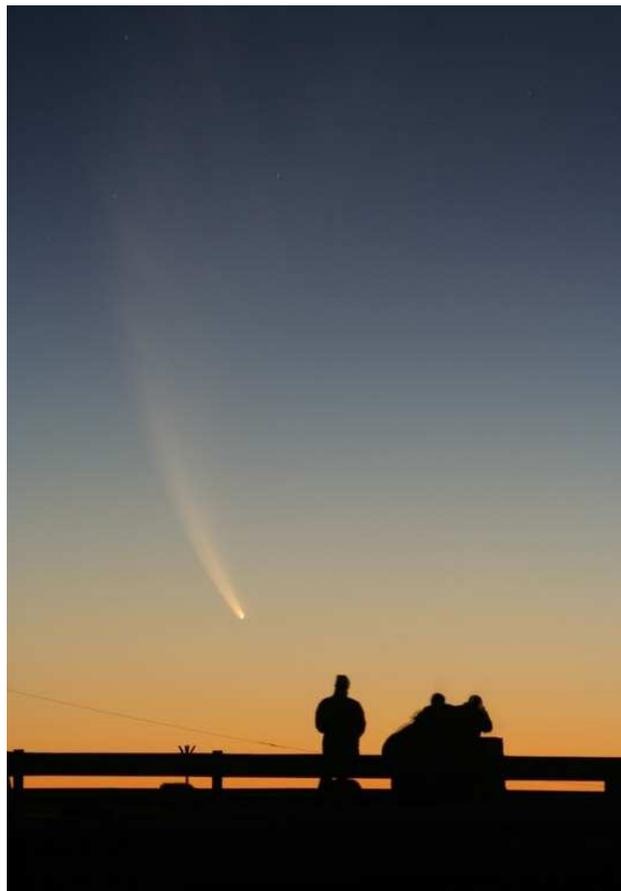


Stardust : la première mission d'échantillons cométaires

Jeudi 9 août

Matthieu Gounelle

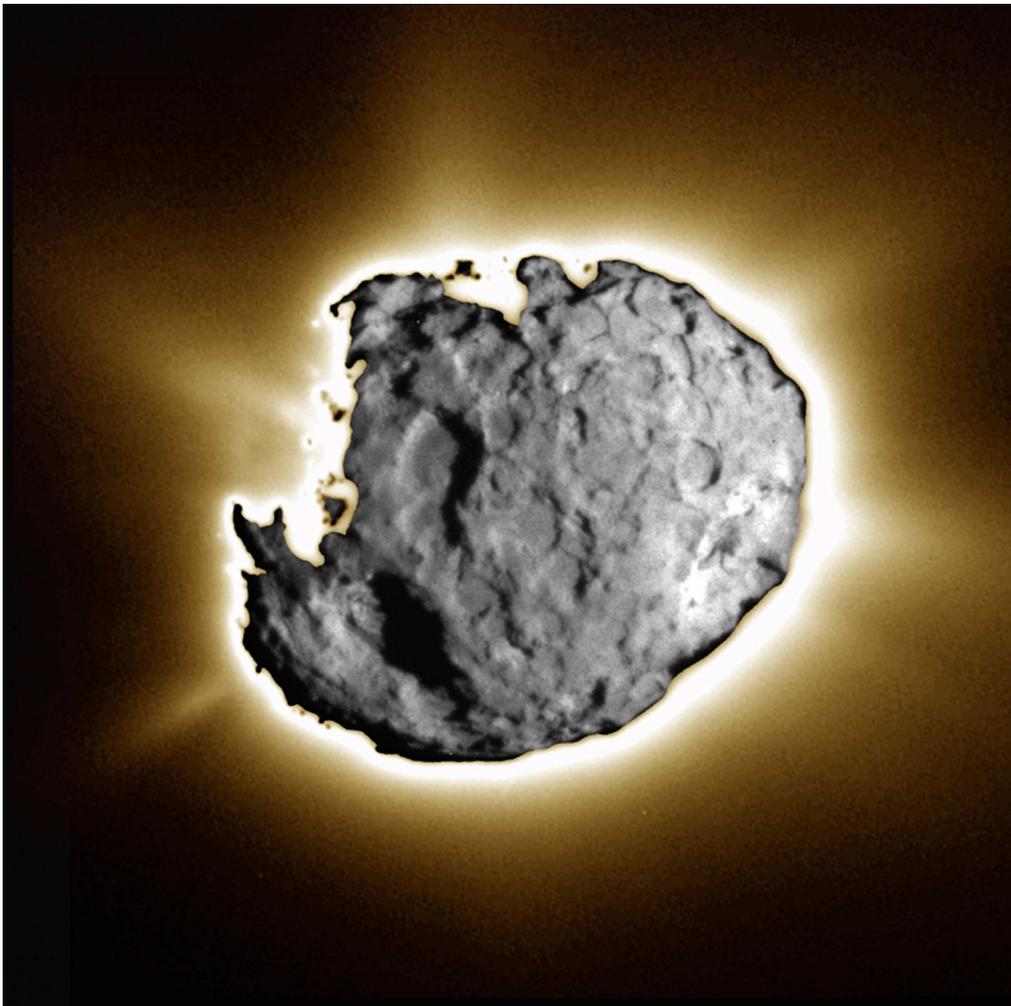
Maître de conférences au Muséum National d'Histoire naturelle



Stardust: une comète au laboratoire

Introduction générale

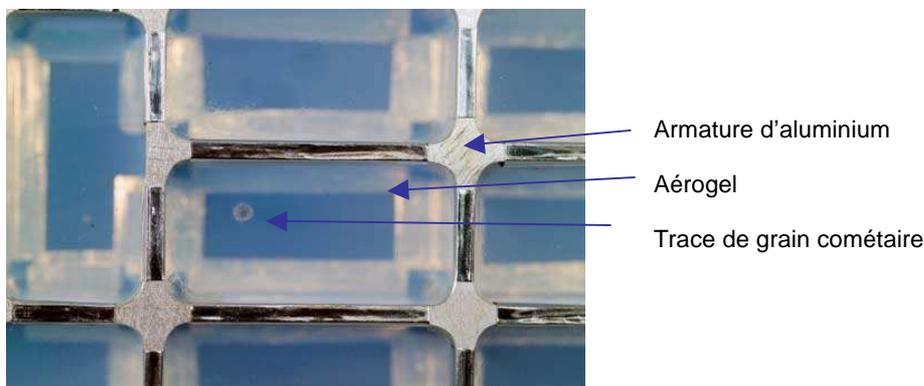
La mission Stardust est la première mission de retour d'échantillons depuis les missions d'exploration lunaire, Apollo. Cette mission *Discovery* de la NASA a permis de rapporter sur terre des poussières issues d'une comète et de les caractériser au laboratoire à l'aide des techniques analytiques les plus sophistiquées. L'exploitation scientifique des échantillons Stardust a révolutionné notre compréhension des comètes. Ci-dessous sont donnés quelques éléments de compréhension et quelques informations.



Vue du noyau de la comète Wild 2 depuis la sonde Stardust {Crédit NASA}

La mission Stardust

A l'issue d'une mission de sept ans à travers notre système solaire, la sonde spatiale Stardust de la NASA, a rapporté sur Terre des échantillons de poussières de la comète Wild 2. Lors du survol de Wild 2, le 2 janvier 2004, à une vitesse de 6,1 km/s, Stardust a capturé et piégé des poussières de la coma de la comète grâce à l'utilisation d'un "aérogel". La capsule a atterri le 15 janvier 2006 dans le désert de l'Utah. Des scientifiques regroupés dans des équipes thématiques (Preliminary Examination Teams, PET en anglais) ont effectué les premières analyses. Un *consortium* de cinq laboratoires français, participe à ces travaux.

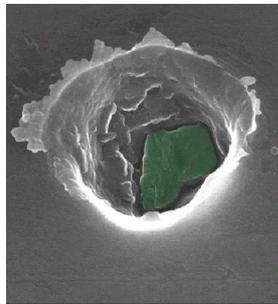


Collecteur d'aérogel {Crédit NASA}

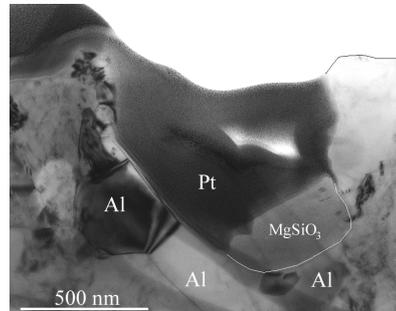
Inventaire

L'inventaire de la récolte de grains cométaires a été le premier travail mené au laboratoire de conservation d'échantillons planétaires situé au Johnson Space Center (JSC) à Houston. En première analyse, plus de mille grains d'une taille supérieure à 5 μm ont été récoltés dans l'aérogel. Le recensement des grains continue. Sur le collecteur, l'aérogel se présente sous forme de petits parallélogrammes de quelques centimètres de côté et épais de 1 ou de 3 centimètres (voir Figure). Ces petits blocs sont assemblés dans les mailles d'une « grille » d'aluminium qui donne à l'ensemble l'air d'une raquette de tennis. Les grains heurtent bien sûr indifféremment l'aérogel ou l'armature. L'aérogel a été examiné au microscope et les parties comportant la trace d'un grain ont été

découpées, identifiées et certaines distribuées aux équipes des PET. Des parties de l'armature d'aluminium ont aussi été mises à la disposition des équipes.



Cratère observé sur une feuille d'aluminium en microscopie électronique à balayage (à gauche) et en coupe en microscopie électronique à transmission (à droite). Le résidu d'enstatite ($MgSiO_3$) est teinté en vert sur l'image de gauche.



Cratère d'impact { Crédit photo LSPES/IAS }

Typologie des grains

Quand un grain de poussière animé d'une vitesse supérieure à 6 km/s heurte l'armature, il creuse un petit cratère dont le diamètre est proportionnel à la taille du grain (voir Figure). L'analyse de ces cratères montre une prédominance importante de grains d'une taille inférieure à 3 microns. Parfois les cratères sont regroupés en amas. Les scientifiques ont aussi noté la persistance au fond de ces cratères de quelques résidus minéralogiques intéressants. Ces données sont pour l'instant les seules disponibles sur la fraction des grains les plus petits en taille mais les plus abondants en nombre.

Minéralogie des grains

Les études minéralogiques des grains par microscopie électronique en transmission démontrent qu'une partie de ceux-ci a été endommagée par l'échauffement durant la capture dans l'aérogel. Les grains intacts sont constitués de minéraux bien cristallisés composés de silicates (olivine, pyroxène), de spinelles d'aluminium et de sulfures. Leurs microstructures montrent qu'ils ont été portés à haute température. Cette analyse minéralogique suggère un important mélange de la matière primitive dans le disque d'accrétion protoplanétaire, entraînant des échanges entre les

zones internes et les zones les plus externes du système solaire en formation.



Vue de la nanoSIMS du Muséum qui a permis l'analyse isotopique de certains des grains cométaires

Composition isotopique

Afin de déterminer la composition isotopique en carbone et en azote des grains, des fragments sub-micrométriques ont été prélevés dans la zone de leur entrée dans l'aérogel. L'analyse montre essentiellement des compositions isotopiques « solaires », identiques à celles des météorites carbonées, avec quelques rares constituants volatils rappelant le milieu interstellaire.

La composition isotopique en oxygène des grains de la comète Wild 2 est similaire à celle observée dans les chondrites carbonées. Cependant, la part de la contamination des grains par l'oxygène de l'air ambiant et de l'aérogel devra être examinée.

Apport scientifique de la mission Stardust

Deux conclusions se dégagent d'ores et déjà de l'analyse des poussières cométaires rapportées par la sonde Stardust. 1) La matière solide de la comète Wild 2 a été formée dans notre système solaire et n'est pas de la matière interstellaire primitive. 2) Les poussières de la comète Wild 2 contiennent des minéraux formés près du soleil indiquant un important mélange entre les zones internes et externes du disque protoplanétaire.

Glossaire

Wild 2

81P/Wild 2 est le nom d'une comète, découverte par l'astronome suisse Paul Wild en 1978. Son diamètre est d'environ 5 kilomètres. Son passage en 1974, à proximité de la planète Jupiter a modifié son orbite et sa période orbitale est alors passée de 40 ans à environ 6,4 ans.

Comètes

Petits corps du système solaire (1-100 km de diamètre) riches en glaces et poussières, et dont l'orbite possède généralement une forte excentricité. Les comètes sont considérées comme les vestiges les mieux conservés de la matière protosolaire.

Coma

Enveloppe visible autour du noyau des comètes développée à l'approche du Soleil. Constituée de poussières et de gaz neutres, cette sphère a un diamètre de plusieurs centaines de milliers de kilomètres.

Aérogel

L'aérogel de Stardust est composé de silicates organisés en réseau très peu dense (98% de vide). C'est un excellent isolant thermique. Sa structure limite les dommages aux grains qu'il capture en plein vol à très grande vitesse. L'aérogel a été qualifié pour les expériences spatiales par le laboratoire du Jet Propulsion Laboratory (JPL).

Chondrite

Météorite primitive pierreuse non différenciée, jamais fondue. Les chondrites sont classées en plusieurs groupes sur la base de l'état d'oxydation du Fe présent et de leurs conditions de métamorphisme.

Sites internet

Mission Stardust

<http://stardust.jpl.nasa.gov/home/index.html>

Catalogue des échantillons Stardust

<http://curator.jsc.nasa.gov/stardust/index.cfm>

Mission Deep Impact {Mission d'exploration cométaire de la NASA}

http://www.nasa.gov/mission_pages/deepimpact/main/

Missio Rosetta {Mission d'exploration cométaire de l'ESA}

<http://www.esa.int/SPECIALS/Rosetta/index.html>

Mission Apollo

http://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/index.html

Site du JPL

<http://www.jpl.nasa.gov/>

Site du Laboratoire d'Étude de la Matière Extraterrestre

<http://www.mnhn.fr/leme/>

Le site de J. Crovisier, spécialiste des comètes

<http://www.lesia.obspm.fr/~crovisier/>